

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-293225
 (43)Date of publication of application : 04.11.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/16

(21)Application number : 09-103692

(71)Applicant : FUJIKURA LTD

(22)Date of filing : 21.04.1997

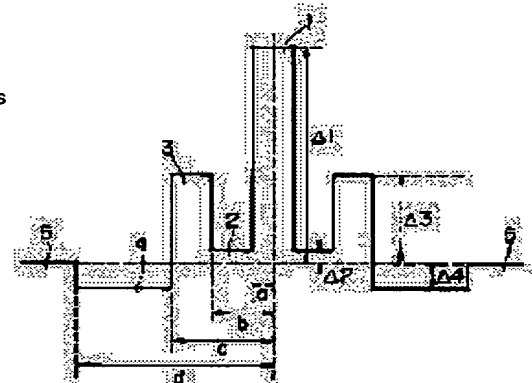
(72)Inventor : MATSUO SHOICHIRO
 YAMADA SHIGETOSHI
 HORIKOSHI MASAHIRO
 TAKAHASHI KOICHI

(54) DISPERSION SHIFT OPTICAL FIBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a dispersion shift optical fiber(DSF) reducing a non-linear effect, a bent loss and a dispersion slope at a time by specifying an effective sectional area, the bent loss, the dispersion slope and a cut-off wave-length.

SOLUTION: This fiber is the DSF that wavelength dispersion is nearly zero, and isn't zero in a wavelength 1.55 μm band, and the effective sectional area is 65-120 μm^2 , and the bent loss is 0.1-100 dB/m, and the dispersion slope is 0.07-0.14 ps/km/nm², and the cut-off wavelength is a value always becoming single mode propagation in its wavelength band. In order that the DSF is provided with such a characteristic values, when a diffractive index of the first ring part 2 arranged concentrically around a core part 1 is defined as n_1 , the refractive index of the second ring part 3 as n_2 , the refractive index of the third ring part 4 as n_3 , the refractive index of a clad 5 as n_4 and the refractive index of the central core part 1 as n_0 , what is necessary that the DSF is provided with a refractive index distribution shape being $n_0 > n_2$, $n_2 > n_1$, $n_3 > n_4$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-293225

(43) 公開日 平成10年(1998)11月4日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/16

識別記号

3 2 1

F I

G 0 2 B 6/16

3 2 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-103692

(22) 出願日

平成9年(1997)4月21日

(71) 出願人 000005186

株式会社フジクラ

東京都江東区木場1丁目5番1号

(72) 発明者 松尾 昌一郎

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内

(72) 発明者 山田 成敏

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内

(72) 発明者 堀越 雅博

千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内

(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

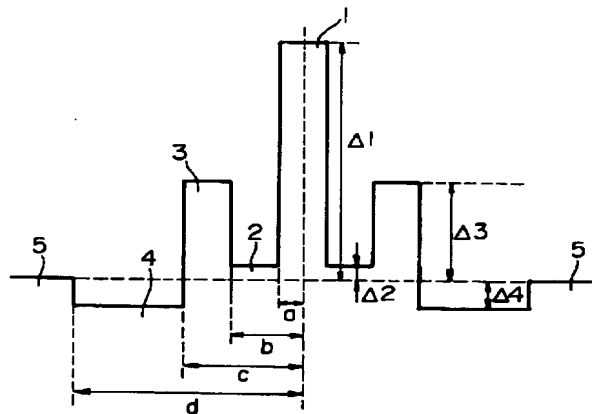
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分散シフト光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 波長1.55 μm 帯において、波長分散がほぼゼロであり、同時に非線形効果、曲げ損失、分散スロープの小さい分散シフト光ファイバを得る。

【解決手段】 波長1.55 μm 帯において、有効断面積 A_{eff} が65~120 μm^2 、曲げ損失が1~100 dB/m、分散スロープが0.07~0.14 ps/km/nm²、カットオフ波長が該波長帯において常にシングルモード伝搬となる値をとるものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長1.55 μ m帯において、波長分散がほぼゼロであってゼロではなく、かつ有効断面積が65～120 μ m²であり、かつ曲げ損失が0.1～100dB/mであり、かつ分散スロープが0.07～0.14ps/km/nm²であり、かつカットオフ波長が1.55 μ m帯において常にシングルモード伝搬となる値をとることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

【請求項2】 請求項1記載の分散シフト光ファイバが、中心コア部と、この中心コア部の外周に設けられた第1リング部と、この第1リング部の外周に設けられた第2リング部と、この第2リング部の外周に設けられた第3リング部と、この第3リング部の外周に設けられたクラッドとからなり、

中心コア部の屈折率を n_0 、第1リング部の屈折率を n_1 、第2リング部の屈折率を n_2 、第3リング部の屈折率を n_3 、クラッドの屈折率を n_4 としたとき、 $n_0 > n_2$ で、かつ $n_2 > n_1$ で、かつ $n_3 < n_4$ である屈折率プロファイルを有するものであることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

【請求項3】 請求項1記載の分散シフト光ファイバにおいて、中心コア部の直径を2a、第1リング部の外径を2b、第2リング部の外径を2c、第3リング部の外径を2dとしたとき、

$b/a \geq 1.5$ で、かつ $(c-b)/a \leq 5.0$ で、かつ $(d-c)/a \leq 5.0$ であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、波長1.55 μ m帯での波長分散がほぼゼロである分散シフト光ファイバ（以下、DSFと略記する。）に関し、その非線形効果と曲げ損失と分散スロープを同時に低減したものである。

【0002】

【従来の技術】DSFは、石英系光ファイバの損失が最小である波長1.55 μ m帯での波長分散値がほぼゼロである光ファイバであって、その具体的なものとしては、階段型の屈折率分布を有するものがよく知られている。この階段型屈折率分布を有するDSFは、他のタイプのDSF、例えばステップ型、三角型などの屈折率分布を有するものに比べて曲げ損失が小さく、モードフィールド径（以下、MFDと略記する。）が若干大きいと言う特長を有するものではあるが、通常の1.3 μ m帯用シングルモード光ファイバに比べればMFDは小さく、約8 μ m弱となっている。光ファイバのMFDが小さい場合には、接続損失の点で不利となるばかりでなく、光ファイバ内に伝搬される光のパワー密度が大きな場合、例えば光増幅器などにあっては、非線形効果が大きくなり、伝送特性が劣化するなどの不都合が生じる。

【0003】ところで非線形効果の大きさは、 n_2/A_{eff} で表される。ここで n_2 は光ファイバの非線形屈折率、 A_{eff} は光ファイバの実効断面積である。非線形効果を低減するためには、 n_2 は材料によりほぼ一定の値をとるため、 A_{eff} を大きくすることが必要となる。一方、DSFにおける A_{eff} とMFDとの間には、下記関係式で表される関係があることが知られている。

$$A_{eff} = k \cdot \pi / 4 \cdot (MFD)^2$$

【0004】上記関係式の補正係数 k は、階段型屈折率分布を有するDSFでは、ほぼ0.944で一定の値をとることが報告されている。したがって、 A_{eff} を大きくするにはMFDを大きくすることが必要となる。しかしながら、階段型屈折率分布を有するDSFでは、そのMFDは約8 μ mとほぼ一定であるので、 A_{eff} を大きくすることはできず、したがって非線形効果を低減し得ないことになる。

【0005】この問題点を解決するため、本出願人は、先に特願平7-23191号（平成7年2月10日出願）を提案している。この先行発明は、波長1.55 μ mで波長分散がゼロとなるコアの径のうち、その値が小さい細径のコア径のものを採用するもので、これによって、補正係数が約0.95～0.97と大きくなり、かつMFDも約7.8～8.6 μ mの値を持つことになり、これによって A_{eff} が大きくなり、非線形効果が低減できると言うものである。しかしながら、この先行発明にあっては、 A_{eff} を増大できる利点はあるものの細径のコア径を採用することで曲げ損失が増大すると言う不都合が残っていた。

【0006】本出願人は、さらに A_{eff} を大きくするために、特願平8-215707号（平成8年8月15日出願）を特許出願している。この先行発明のDSFは、図3に示すように、中心コア部11と、この中心コア部11から離れて設けられた屈折率の低いリングコア部12と、このリングコア部12の外周に設けられたクラッド13と、中心コア部11とリングコア部12との間の中間層14とからなる屈折率プロファイルを有するものである。そして、中心コア部11の直径を2aとし、リングコア部12の外径を2bとし、リングコア部12の幅をwとしたときに、 $b/a \geq 1.5$ で、かつ $w/a \geq 0.5$ とし、中心コア部11とクラッド13との比屈折率差 $\Delta 1$ およびリングコア部12とクラッド13との比屈折率差 $\Delta 2$ を適宜定めることにより、1.55 μ m帯での波長分散がほぼゼロであり、非線形効果が低く、しかも曲げ損失の小さいDSFを得ることができるというものである。

【0007】しかしながら、この先行発明のDSFでは、 A_{eff} を大きくして非線形効果を低くすると、波長分散スロープが増大する不都合があり、波長多重伝送路への適用を考えた場合には、改善の必要がある。例え

ば、 A_{eff} が $70 \mu m^2$ 程度では分散スロープが $0.12 ps/km/nm^2$ 程度であるが、 A_{eff} が $80 \mu m^2$ 程度では、分散スロープが $0.15 ps/km/nm^2$ 程度に、 A_{eff} が $110 \mu m^2$ 程度では、 $0.17 ps/km/nm^2$ 程度にまで増加してしまい、波長の異なる信号光間での伝送速度の差が大きくなる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】よって、本発明における課題は、非線形効果、曲げ損失および分散スロープがともに低減したDSFを得ることにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】かかる課題は、波長 $1.55 \mu m$ 帯において、波長分散がほぼゼロであってゼロではなく、有効断面積が $65 \sim 120 \mu m^2$ であり、曲げ損失が $0.1 \sim 100 dB/m$ であり、分散スロープが $0.07 \sim 0.14 ps/km/nm^2$ であり、カットオフ波長が該波長帯において常にシングルモード伝搬となる値を有するDSFによって解決される。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明のDSFは、上述のように使用波長 $1.55 \mu m$ 帯において、波長分散がほぼゼロであってゼロではなく、かつ有効断面積 A_{eff} が $65 \sim 120 \mu m^2$ であり、かつ曲げ損失が $0.1 \sim 100 dB/m$ であり、かつ分散スロープが $0.07 \sim 0.14 ps/km/nm^2$ であり、かつカットオフ波長が該波長帯において常にシングルモード伝搬となる値を持つものである。ここにおいて、使用波長 $1.55 \mu m$ 帯とは、波長 $1520 nm$ から $1580 nm$ の波長領域を指すものである。また、波長分散がほぼゼロとは、この使用波長帯において波長分散値が $-5 \sim +5 ps/nm \cdot km$ の範囲にあることを言うが、波長分散値が $0 ps/nm \cdot km$ の値をとらないことが必要である。これは、波長分散値が $0 ps/nm \cdot km$ であると、4光子混合などの非線形光学効果の影響が大きくなり不都合となるためである。

【0011】また、有効断面積 A_{eff} は、下記関係式で定義されるものである。曲げ損失は、波長 $1.55 \mu m$ で曲げ径(2R)が $20 mm$ の条件の値を言うものとする。カットオフ波長はJISまたはCCITTの2m法によって測定された値、もしくは実際の使用状態において測定された値を言うものとする。また、分散スロープとは、波長分散値の波長依存性を示すもので、横軸に波長(nm)を、縦軸に波長分散値($ps/km \cdot nm$)を取って、分散値をプロットした際の曲線の勾配を言うものである。

【0012】

【数1】

$$A = \frac{2\pi \left\{ \int_0^\infty r |E(r)|^2 dr \right\}^2}{\int_0^\infty r |E(r)|^4 dr}$$

r : 半径、 $E(r)$: 半径 r での電界強度

【0013】このような特性値を満たす光ファイバは、非線形効果と曲げ損失と分散スロープがともに小さいDSFとなる。 A_{eff} が $65 \mu m^2$ 未満では非線形効果の低減が十分ではなく、 $120 \mu m^2$ を越えるものは実際に製造することが不可能である。また、曲げ損失が $100 dB/m$ を越えると、DSFの微かな湾曲によっても損失が大きくなり、不都合となる。また、分散スロープは、後述するようにコア径として細径解を採用しているため、 $0.07 ps/km/nm^2$ 以上となり、 $0.14 ps/km/nm^2$ を越えると、波長多重通信システムへの適用が困難となる。さらに、DSFは、通常シングルモード光ファイバであり、使用波長帯において常にシングルモード伝搬を行う必要があり、このためにはカットオフ波長はシングルモード伝搬を保証するものでなければならない。

【0014】本発明のDSFがこのような特性値を有するためには、このものが、例えば図1に示すような屈折率分布形状(プロファイル)を有することが第1の必要条件となる。図1において、符号1は中心コア部であり、この中心コア部1の外周には第1リング部2が設けられ、この第1リング部2の外周には第2リング部3が設けられ、この第2リング部4の外周には第3リング部4が設けられ、この第3リング部4の外周にはクラッド5が設けられ、これらは、中心コア部1を中心とした同心円状に配置されている。ここで、中心コア部1の屈折率を n_0 、第1リング部2の屈折率を n_1 、第2リング部3の屈折率を n_2 、第3リング部4の屈折率を n_3 、クラッド5の屈折率を n_4 とすると、 $n_0 > n_2$ で、 $n_2 > n_1$ で、 $n_3 < n_4$ となっている。

【0015】また、図1のプロファイルにおいて、中心コア部1とクラッド5との比屈折率差を $\Delta 1$ 、第1リング部2とクラッド5との比屈折率差を $\Delta 2$ 、第2リング部3とクラッド5との比屈折率差を $\Delta 3$ 、第3リング部4とクラッド5との比屈折率差を $\Delta 4$ とすると、 $\Delta 1$ は、 $0.5 \sim 2.0\%$ 、 $\Delta 2/\Delta 1$ は $-0.5 \sim 0.5$ 、 $\Delta 3/\Delta 1$ は $0 \sim 1.0$ 、 $\Delta 4/\Delta 1$ は $0 \sim 0.5$ の範囲とされる。

【0016】さらに、第2の必要条件は、図1のプロファイルにおいて、中心コア部1の外径を $2a$ 、第1リング部2の外径を $2b$ 、第2リング部3の外径を $2c$ 、第3リング部4の外径を $2d$ とすると、 b/a は $1.5 \sim 6$ とされ、 $(c-b)/a$ は 0.5 以下、好ましくは $0.5 \sim 5.0$ とされ、 $(d-c)/a$ は 0.5 以下、好ましくは $0.1 \sim 5.0$ とされる。 b/a が 1.5 未

満では、 A_{eff} を十分大きくすることができず、6を越えるものは製造上、特性の制御性が悪化する不都合が生じる。 $(c-b)/a$ が0.5未満では A_{eff} 拡大の効果が薄くなり、5.0を越えると特性の制御性が悪化し、分散スロープの増大などの不都合が生じる。 $(d-c)/a$ が0.1未満ではカットオフ波長を短波長側にずらす効果が十分に得られず、5.0を越えると特性の制御性が悪化して不都合となる。本発明のDSFでは、このように第3リング部4を新たに設け、この部分の屈折率をクラッド5の屈折率よりも低くすることで、 A_{eff} の値を大きくしても分散スロープを低く抑えることができるようにしたものである。

*

b/a	$(c-b)/a$	$(d-c)/a$	$\Delta 1$ [%]	$\Delta 2/D1$	$\Delta 3/\Delta 1$	$\Delta 4/\Delta 1$	λ_c [μm]	A_{eff} [μm^2]	曲げ損失 [dB/m]	分散スロープ [ps/km/nm ²]
2.65	1.20	4.15	0.60	0.00	0.50	-0.09	1.67	81	25	0.115
2.30	1.50	4.20	0.60	-0.09	0.42	-0.09	1.67	78	15	0.113
2.50	1.10	0.90	0.59	-0.02	0.50	-0.08	1.62	78	48	0.109
2.40	1.00	1.00	0.58	-0.03	0.50	-0.09	1.50	71	42	0.099
4.00	2.00	4.00	0.73	-0.08	0.30	-0.13	1.62	97	91	0.139

【0019】表1から理解されるように、各パラメータの広い範囲からの組合せによって、目的とする特性を有するDSFが得られることが明らかとなる。このような観点から、本発明ではDSFの構造パラメータの値によって発明を特定することが困難であり、特性値によってその特定を行うようにしたものである。そして、かかる特性値は、従来知られているDSFでは取り得ないものであることは言うまでもない。

【0020】本発明のDSFにあつては、先行発明のものと同様に、波長1.55 μm 帯において波長分散がほぼゼロとなる2つのコアの径のうち、その値が小さい細径に対応するものであり、これによって曲げ損失を小さく抑え、かつ A_{eff} を大きくするとともに分散スロープを0.14ps/km/nm²以下とすることができるものである。

【0021】本発明のDSFは、通常のVAD法などによって製造でき、中心コア部1および第2リング部3は

*【0017】そして、上述のパラメータ、 $\Delta 1$ 、 $\Delta 2/\Delta 1$ 、 $\Delta 3/\Delta 1$ 、 $\Delta 4/\Delta 1$ 、 b/a 、 $(c-b)/a$ 、 $(d-c)/a$ を上述の範囲に定めることにより、上述の特性を満たす本発明のDSFを得ることができる。表1は、上記第1および第2の必要条件を満たし、上記特性を有するDSFを得るための具体的なパラメータの値の組み合わせとそれによって得られるDSFのカットオフ波長(λ_c)、 A_{eff} 、曲げ損失、分散スロープの値を示したものである。

【0018】

【表1】

ゲルマニウムドーブシリカまたは純粋シリカによって、第1リング部2、第3リング部4およびクラッド5は純粋シリカまたはフッ素ドーブシリカとすることによって作成される。図1に示すプロファイルでは、第2リング部3の存在によって伝送光の光パワーの電界強度分布がクラッド5側に長く尾を引く形となるため、光ファイバ母材の製造の際に、クラッドとなるスートのかなりの部分を中心のコアとなるスートと一括して合成する方法を取ることが望ましい。

【0022】図2は、本発明のDSFの試作ファイバの実測プロファイルの一例を示すもので、RNFP法で測定したものである。この試作ファイバの特性値は表2に示す通りであり、本発明で求められている特性を具備していることがわかる。

【0023】

【表2】

測定項目			測定値
Aeff	at1558nm	[μm^2]	78.7
MFD	at1558nm	[μm]	9.89
λ_c	(2n)	[μm]	1.70over
曲げ損失	at1550nm, 20 ϕ	[dB/m]	7.93
零分散波長		[μm]	1566.24
分散値	at1552nm	[ps/km/nm]	-1.51
分散スロープ	at1552nm	[ps/km/nm ²]	0.106
伝送損失	at1552.0nm	[dB/m]	0.208
偏波分散		[ps/ $\sqrt{\text{km}}$]	0.123

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のDSFは 20
波長1.55 μm 帯において波長分散がほぼゼロであ
り、かつ非線形効果が低く、曲げ損失、分散スロープも
小さいものとなる。よって、本発明のDSFは、低損失
の1.55 μm 帯での光増幅中継による波長分割多重方
式による超長距離光通信システムなどに好適なものとな
る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のDSFにおけるプロファイルの例を
示す図である。

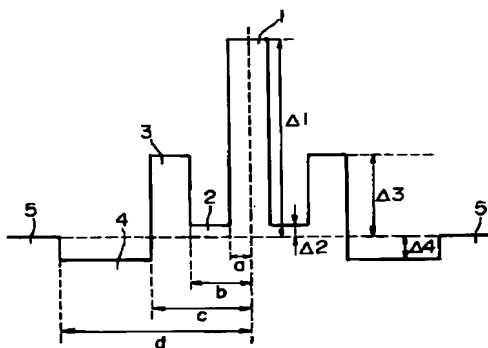
【図2】 本発明のDSFの試作ファイバの実測プロフ
ァイルを示す図である。

【図3】 先行発明に示されたDSFのプロファイル
を示す図である。

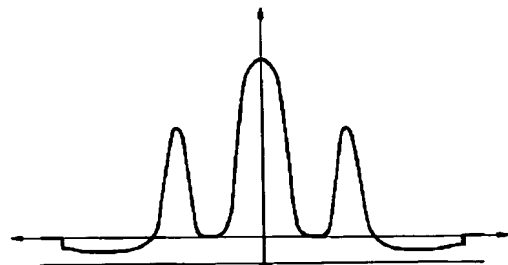
【符号の説明】

- 1…中心コア部
- 2…第1リング部
- 3…第2リング部
- 4…第3リング部
- 5…クラッド

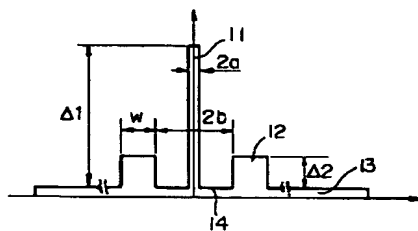
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 浩一
千葉県佐倉市六崎1440番地 株式会社フジ
クラ佐倉工場内